

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑪ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3835341 A1

⑤ Int. Cl. 5:  
F04D 29/58

② Aktenzeichen: P 38 35 341.5  
② Anmeldetag: 17. 10. 88  
③ Offenlegungstag: 19. 4. 90

DE 3835341 A1

⑦1 Anmelder:

Proizvodstvennoe ob'edinenie «Nevskij zavod»  
imeni V.I. Lenina, Leningrad, SU

⑦2 Vertreter:

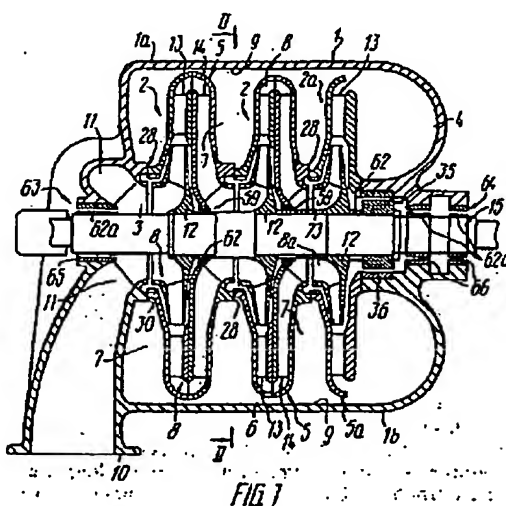
von Föner, A., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Ebbinghaus,  
D., Dipl.-Ing.; Finck, K., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦3 Erfinder:

Muratov, Chanafi Ibragimovič; Sarancev, Kir  
Borisovič; Petrov, Gennadij Ivanovič; Turkin,  
Vladimir Leonidovič; Magdyčanskij, Vadim  
Safon'ovič; Ponomarev, Andrej Akimovič; Velikanov,  
Gennadij Fedorovič, Leningrad, SU

⑤ Kreiselverdichter mit horizontaler Teilungsebene

Der Kreiselverdichter mit horizontaler Teilungsebene hat ein Gehäuse (1), in dem Verdichtungsstufen (2 und 2a) angeordnet sind, von denen die in der Strömungsrichtung des zu verdichtenden Mediums die erste Stufe (2) mit dem Sauge-  
raum (3) des Verdichters und die letzte Stufe (2a) mit dessen Druckraum in Verbindung steht. Jede der Stufen (2) befindet sich in einem mit dem Gehäuse (1) verbundenen Mantel. Die Außenfläche der Wand des Mantels (5) bildet im Innenraum (8) des Gehäuses (1) Ringräume (7), während die Innenfläche der Wand des Mantels (5) den Durchströmkanal (8) der Stufe begrenzt, welcher mit dem Durchströmkanal (8 bzw. 8a) der in der Strömungsrichtung des zu verdichtenden Mediums nachfolgenden Verdichtungsstufe (2, 2a) in Verbindung steht. Der Durchströmkanal (8, 8a) jeder Verdichtungsstufe (2, 2a) ist von dem Ringraum (7) isoliert, der mit den anderen Ringräumen (7) entlang der Innenfläche (9) der Wand des Gehäuses (1) verbunden ist. Der Innenraum (8) des Gehäuses (1) steht mit dem Druckraum (4) in Verbindung.



DE 3835341 A1

DE 38 35 341 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Kreiselerdichter mit horizontaler Teilungsebene nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Am erfolgreichsten kann die Erfindung in der Einwellenbauart von Kreiselerdichtern erhöhter Leistung angewendet werden, bei denen die Verdichtung des Gases ohne dessen Kühlung während des Komprimierens erfolgt. Derartige Verdichter werden in der Hüttenindustrie beispielsweise für die Windzuführung zu den Hochöfen, in der chemischen Industrie in z. B. Salpetersäure herstellenden technologischen Anlagen sowie in Erdöl und Gas verarbeitenden technologischen Anlagen weitgehend eingesetzt.

Zur Zeit steht wegen des zunehmenden Einsatzes von Kreiselerdichtern sowohl in herkömmlichen als auch in neu entwickelten Produktionsprozessen in der Weltpraxis des Verdichterbaus akut das Problem der Schaffung eines Kreiselerdichters erhöhter Wirtschaftlichkeit, verringerter Metallintensität und verminderten Herstellungsaufwandes bei hoher Betriebssicherheit desselben.

Einige auf dem Gebiet des Verdichterbaus führende Firmen, beispielsweise "Dresser-Rand" (USA), "Demag" (BRD) u. a., sind bestrebt, das besagte Problem durch Entwicklung einer originellen Bauart von Verdichtungsstufen zu lösen. Solche Kreiselerdichter haben die Bezeichnung mehrwellige Kreiselerdichter bekommen. Trotzdem diese Maschinen gegenüber den einwelligen Kreiselerdichtern eine Reihe von Vorteilen in bezug auf Produktionskennwerte und betriebswirtschaftliche Kennzahlen, nämlich die Abmessungen und das Gewicht, besitzen, haben sie eine komplizierte Konstruktion, erfordern eine hohe Klasse der Herstellungsgenauigkeit und kennzeichnen sich durch schwere Bedienung während des Betriebes. Bei diesen Maschinen werden die erforderlichen Bedingungen der Verdichtung des Arbeitsmediums in jeder Stufe durch die Wahl einer optimalen Laufraddrehzahl für jede Stufe gewährleistet. Das Letztere gestattet es, das Laufrad mit dem günstigsten Verhältnis der Breite des Laufrades am Austritt der Strömung zum Außendurchmesser desselben auszuführen, was den Energieaufwand für die Verdichtung des Arbeitsmediums herabsetzt.

Jedoch geht die Bedeutung der vorstehend beschriebenen Vorteile des mehrwelligen Kreiselerdichters in vielem verloren wegen der komplizierten Bauweise von Kunfusorkanälen, die das Arbeitsmedium in die Stufe zuführen, und von Diffusorkanälen, die das Arbeitsmedium aus ihr ableiten, wodurch es schwer ist, hohe aerodynamische Kenngrößen dieser Kanäle des Strömungsteils zu erzielen. Außerdem stellen alle Stufen des mehrwelligen Kreiselerdichters Endstufen dar, die eine niedrigere Wirtschaftlichkeit als die Zwischenstufen haben. Alles das hemmt ihre weitgehende Verwendung in der Industrie im Vergleich mit den einwelligen Kreiselerdichtern erhöhter Leistung, die sich durch einen weiten Anwendungsbereich, eine einfache Konstruktion, eine gut bewährte Technologie ihrer Herstellung, die Möglichkeit der Erzielung eines hohen polytropischen Wirkungsgrades der Verdichtungsstufe, eine einfache Bedienung, eine qualitätsgerechte und mobile Durchführung von reglementmäßigen Reparaturarbeiten beim Betrieb auszeichnen.

Die Versuche, die Wirtschaftlichkeit bei verringerter Metallintensität und vermindertem Herstellungsaufwand zu erhöhen, führten zur Schaffung einer Bauart des Kreiselerdichters mit horizontaler Teilungsebene

zum Verdichten von z. B. nitrosem Gas (siehe den Handbuchkatalog K-3-69. Tsentrbeznyye kompressornye mashiny/Kreiselerdichtermaschinen, NIINFORMTY-AZHMASH, Moskau 1970, S. 86, Fig. 50).

Im Gehäuse des Verdichters sind Verdichtungsstufen angeordnet, von denen die in der Bewegungsrichtung des zu verdichtenden Mediums erste Stufe mit dem Saugraum des Verdichters und die letzte mit dem Druckraum in Verbindung steht. Jede der Stufen ist in einem Mantel untergebracht, bei dem die Außenfläche seiner Wand im Innenraum des Gehäuses Ringräume bildet, während die Innenfläche der Mantelwand den Durchströmkanal der Stufe begrenzt, welcher mit dem Durchströmkanal der in der Bewegungsrichtung des zu verdichtenden Mediums nächstfolgenden Stufe in Verbindung steht. Jeder Mantel ist mit dem Verdichtungsgehäuse verbunden. Zu ihrer Verbindung ist an der Außenfläche der von der Längsachse des Verdichters am weitesten entfernten Mantelwand ein Ringbund ausgebildet, während an der Innenfläche des Gehäuses eine Ringnut eingearbeitet ist. Im folgenden wird eine derartige Verbindung als Zapfen-Nut-Verbindung bezeichnet.

Jede Stufe außer der letzten enthält ein auf einer Antriebswelle gelagertes Laufrad, dessen Durchströmkanäle mit einem Diffusor in Verbindung stehen, der mit einem Rückleitapparat verbunden ist, welcher die in das Laufrad der nachfolgenden Stufe gelangende Strömung ausbildet. Die letzte Stufe enthält ein Laufrad, das auf der genannten Welle gelagert ist und mit einem Diffusor in Verbindung steht, der mit dem Druckraum des Verdichters verbunden ist.

Die Technologie des Zusammenbaus des bekannten Verdichters bedingt das Vorhandensein eines Axialspiels sowohl zwischen der Stirnfläche des Mantels und der Stirnfläche der Gehäusewand, die den Druckraum in der Verbindungszone desselben mit dem Durchströmkanal der ersten Stufe begrenzt, als auch zwischen den Stirnseiten einer vorhergehenden und einer nachfolgenden Verdichtungsstufe in der Verbindungszone der Durchströmkanäle dieser Stufen.

Der Prozeß des Zusammenbaus des bekannten Verdichters geht folgendermaßen vonstatten: zuerst bringt man in die untere Hälfte des Gehäuses die untere Hälfte des Mantels jeder Stufe ein und zentriert den letzteren in bezug auf die Längsachse des Verdichters unter Zuhilfenahme einer falschen Welle, dann setzt man in die obere Hälfte des Gehäuses die andere Hälfte des Mantels derselben Stufe ein und zentriert den letzteren in bezug auf die Längsachse des Verdichters, worauf man die obere Gehäusenhälfte mit der unteren in der horizontalen Teilungsebene verbindet. Diese Reihenfolge des Zusammenbaus bedingt das Vorhandensein von Spielen in der horizontalen Teilungsebene der Mäntel von Verdichtungsstufen, erhöht den Arbeitsaufwand beim Zusammenbau und bei der Zentrierung der Mäntel im Verdichtergehäuse.

Das Auftreten von Spielen in der horizontalen Teilungsebene der Mäntel ist dadurch hervorgerufen, daß die Teilungsebene jeder Mantelhälfte mit der Ebene nicht zusammenfällt, die parallel zur genannten Teilungsebene ist und durch die Ausbohrachse von Basisflächen verläuft, als welche man die Anordnungsstellen von Labyrinthdichtungen annimmt. Über die erwähnten Spiele findet die Überströmung des Arbeitsmediums aus einem Ringraum mit höherem Druck in einen Ringraum mit niedrigerem Druck statt, was die Wirtschaftlichkeit des Verdichters infolge einer Vergrößerung des

## DE 38 35 341 A1

3

Energieaufwandes für die Verdichtung des Arbeitsmediums herabsetzt, und zu einer Senkung der Leistung des Verdichters und zur Verminderung des Druckverhältnisses desselben führt. Infolge unkontrollierbarer Maßabweichungen der Verdichterteile, die durch den Einfluß der Verformung dieser Teile unter der Wirkung von bei ihrer Befestigung an Werkzeugmaschinen zur mechanischen Bearbeitung auftretenden Kräften, durch bleibende Wärmespannungen in Werkstücken, Verminderung der Herstellungsgenauigkeit der Zapfen-Nut-Verbindungen mit der Vergrößerung der Durchmesser von Gehäusen und Mänteln, durch getrennte Bearbeitung der oberen und der unteren Gehäusenhälfte und durch sonstige Faktoren bedingt sind, ist es unmöglich, die Kongruenz der Oberfläche des "Zapfens" und der "Nut" sicherzustellen. Infolgedessen ist es beim Zusammenbau des Verdichters erforderlich, den "Zapfen" an die "Nut" manuell anzupassen, was zu einer groben Störung der Zapfen-Nut-Verbindung und folglich zur Zunahme der Überströmungen des Arbeitsmediums aus einem Ringraum mit höherem Druck in einen Ringraum mit niedrigerem Druck führt. Dies bewirkt eine noch größere Senkung der Wirtschaftlichkeit des Verdichters und eine Verschlechterung seiner Betriebsdaten.

Bei der bekannten Konstruktion des Verdichters wirkt außerdem auf den Mantel jeder Verdichtungsstufe eine vom Druckgefälle zwischen den Ringräumen herrührende Belastung ein. Als Folge davon, daß der Mantel eine horizontale Teilungsebene besitzt, übersteigt die Größe der Durchbiegung der Mantelwand in Richtung der Längsachse des Verdichters in der horizontalen Teilungsebene etwa um das 2,5fache die Größe der Durchbiegung derselben Wand in der durch die Längsachse des Verdichters gehenden Vertikalebene. Hierbei erfahren die Elemente einer jeden Stufe in radialer und tangentialer Richtung ungleichmäßige Zug- und Biegespannungen, die erstens einen Ermüdungsbruch von Diffusorschaukeln, Nieten, Stiftschrauben u. a. m. herbeiführen und zweitens eine Störung der Ebenheit der horizontalen und der vertikalen Teilungsebene der Stufe hervorrufen, welche zur Bildung von neuen und zur Vergrößerung von in den Teilungsebenen vorhandenen Spalten führt. Dies bedingt nicht nur Überströmungen des Arbeitsmediums aus einem Ringraum mit höherem Druck in einen Ringraum mit niedrigerem Druck, sondern verursacht zusätzliche Überströmungen des Arbeitsmediums innerhalb der Verdichtungsstufe aus der Zone erhöhten Drucks hinter dem Diffusor in die Zone verminderten Druck vor dem Diffusor. Das letztere führt wegen einer ungleichmäßigen Überströmung des Arbeitsmediums in der Umfangsrichtung zum Auftreten einer sich großemäßig ändernden Belastung, die auf das Laufrad einwirkt und einen Ermüdungsbruch des Laufrades bewirkt.

Des weiteren vergrößert in der bekannten Bauart des Verdichters die Notwendigkeit der mechanischen Bearbeitung des Gehäuses am Innendurchmesser und der Mantelwände am Außendurchmesser sowohl das Gewicht der Rohlinge für das Gehäuse und die Mäntel von Stufen als auch den Herstellungsaufwand derselben infolge von großen, für die mechanische Bearbeitung angesetzten Zugaben.

Es sei auch bemerkt, daß die Zentrierung jeder Mantelhälfte in jeder Gehäusenhälfte in bezug auf die Längsachse des Verdichters den Arbeitsaufwand beim Zusammenbau des Verdichters erhöht, die Genauigkeit der Zentrierung herabmindert und den Einsatz einer Sonderausrüstung, beispielsweise einer falschen Welle und

4

eines speziellen Meßzeuges, erfordert.

Schließlich machen die vorhandenen Zapfen-Nut-Verbindungen die Maßkette entlang der Längsachse des Verdichters zwischen dem Gehäuse, den Mänteln der Verdichtungsstufen und der Welle mit den Laufrädern komplizierter, was eine umfassende Vereinheitlichung von Gehäusen, Mänteln, Diffusoren, Rückleitapparaten, Wellen, Dichtungen und Laufrädern verhindert.

Eine teilweise Beseitigung von Ursachen, die eine Senkung der Wirtschaftlichkeit des Verdichters, seine erhöhte Metallintensität und seinen erhöhten Herstellungsaufwand hervorrufen, wurde in der Konstruktion eines einwelligen Kreisverdichters mit horizontaler Teilungsebene erzielt (SU, A, 8 59 683).

Der bekannte Verdichter enthält ein Gehäuse, in dessen Innerem Verdichtungsstufen angeordnet sind, von denen die in der Bewegungsrichtung des zu verdichtenden Mediums erste Stufe mit dem Saugraum des Verdichters und die letzte mit dem Druckraum in Verbindung steht. Jede der Stufen befindet sich in einem Mantel, bei dem die Außenfläche seiner Wand im Innenraum des Gehäuses Ringräume bildet, während die Innenfläche der Mantelwand den Durchströmkanal der Stufe begrenzt, welcher mit dem Durchströmkanal der in der Bewegungsrichtung des zu verdichtenden Mediums nachfolgenden Stufen in Verbindung steht. Die Verbindung jedes Mantels mit dem Verdichtergehäuse ist mittels einer Zapfen-Nut-Verbindung hergestellt.

Jede Stufe außer der letzten enthält ein Laufrad, das auf einer Antriebswelle gelagert ist und mit einem Diffusor in Verbindung steht, der mit einem Rückleitapparat verbunden ist, welcher die in das Laufrad der nächstfolgenden Stufe gelangende Strömung ausbildet.

Die letzte Stufe enthält ein Laufrad, das auf der genannten Welle gelagert ist und mit dem Diffusor in Verbindung steht, welcher mit dem Druckraum des Verdichters verbunden ist.

Zur Verhinderung einer Durchbiegung der Wand des Mantels jeder Stufe in Richtung der Verdichterlängsachse sind ein geteilter Ring, der in einer Ringnut des Mantels untergebracht ist, welche an der Stirnfläche des letzteren eingearbeitet ist, die der Stirnfläche des Mantels der benachbarten Stufe in der Verbindungszone der Durchströmkanäle dieser Stufen zugewandt ist, und ein geteilter Metallring vorgesehen, der in einer Ringnut der Stirnfläche der Gehäusewand untergebracht ist, welche den Saugraum in der Verbindungszone desselben mit dem Durchströmkanal der ersten Stufe begrenzt. Jeder Metallring hat eine Teilungsebene, die mit der horizontalen Teilungsebene des Mantels zusammenfällt.

Während des Zusammenbaus des Verdichters, der ähnlich dem Zusammenbau der vorstehend behandelten Verdichterbauart durchgeführt wird, nimmt man nach dem Arbeitsgang der Zentrierung der Mantelhälften im Gehäuse des Einsetzens der Metallhalbringe in die halbringförmigen Nuten an den Stirnflächen der Mäntel und in die halbringförmige Nut an der Stirnfläche der den Saugraum begrenzenden Gehäusewand vor.

Infolgedessen wird die auf jeden der Mäntel der Verdichtungsstufen wirkende, vom Druckgefälle zwischen den Ringräumen herrührende Belastung auf das Gehäuse sowohl über die Zapfen-Nut-Verbindungen als auch über die Metallringe übertragen. Dies gestattet es, die Dicke der Wände der Mäntel zu verringern und ihre in der Umfangsrichtung ungleichmäßige Durchbiegung in der Anordnungszone der Labyrinthdichtungen, des

DE 38 35 341 A1

5

6

Lauftrades und der Welle auszuschließen, was die Metallintensität der Mäntel verringert und die Betriebssicherheit der Labyrinthdichtungen des Lauftrades und der Welle erhöht.

Allerdings besitzt der bekannte Verdichter eine verminderte Wirtschaftlichkeit und gewährleistet keine zeitliche Konstanz der vom Verbraucher geforderten Parameter in bezug auf Leistung, Druck und Leistungsbedarf, da in ihm Überströmungen des Arbeitsmediums aus Ringräumen mit höherem Druck in Ringräume mit niedrigerem Druck und Überströmungen des Arbeitsmediums innerhalb der Verdichtungsstufe aus der Zone erhöhten Drucks hinter dem Diffusor in die Zone erniedrigten Drucks vor dem Diffusor sowie durch die Störung der Ringförmigkeit der Spiele in den Dichtungen bedingte erhöhte Überströmungen über die Labyrinthdichtungen der Lauftrader und der Welle nicht ausgeschlossen sind.

Darüber hinaus besitzt der bekannte Verdichter eine erhöhte Metallintensität und einen erhöhten Herstellungsaufwand wegen der vorhandenen Zapfen-Nut-Verbindungen, die unter anderem die Vereinheitlichung von Gehäusen, Mänteln, Diffusoren, Rückleitapparaten, Wellen, Dichtungen, Laufträdern verhindern. Des weiteren weist der bekannte Verdichter eine verminderte Betriebssicherheit wegen vorhandener Wechselspannungen in den Elementen der Verdichtungsstufe auf, die durch das Vorhandensein eines Druckgefälles zwischen den Ringräumen bedingt sind und Ermüdungsbrüche von Diffusorschaukeln, Nieten, Schraubenbolzen, Schweißverbindungen und sonstigen Elementen hervorrufen.

Schließlich ist auf einen erhöhten, durch die Zentrierung jeder Mantelhälfte in jeder Gehäushälfte bedingten Arbeitsaufwand beim Zusammenbau des bekannten Verdichters hinzuweisen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Kreisverdichter zu schaffen, dessen Bauart gleiche Drücke in den Ringräumen zwischen den Verdichtungsstufen sicherstellt und Überströmungen des Arbeitsmediums aus jedem Ringraum in den Strömungsteil der Verdichtungsstufe und aus dem einen Ringraum in den anderen entlang der Längsachse des Verdichters beseitigt, was eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit bei verringerter Metallintensität und vermindertem Herstellungsaufwand und bei hoher Betriebssicherheit des Verdichters gewährleistet.

Diese Aufgabe wird mit den im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Eine solche konstruktive Lösung des Verdichters mit horizontaler Teilungsebene erhöht seine Wirtschaftlichkeit, d. h. vergrößert den Wirkungsgrad des Verdichters in allen Betriebszuständen desselben von der minimalen bis zur maximalen Leistung, gewährleistet die zeitliche Konstanz der vom Verbraucher geforderten Parameter in bezug auf Leistung, Druck und Leistungsbedarf, mindert die Metallintensität und den Herstellungsaufwand des Verdichters herab und erhöht seine Betriebssicherheit.

Die Erhöhung des Wirkungsgrades des Verdichters wird durch Beseitigung des Druckgefälles des Arbeitsmediums zwischen den Ringräumen der Verdichtungsstufen aufgrund des Verzichts auf die ringförmigen Zapfen-Nut-Verbindungen jedes Mantels mit dem Gehäuse erzielt, was wegen der Isolierung des Durchströmkanals jeder Stufe gegenüber dem Ringraum in der Verbindungszone desselben mit dem Durchströmkanal der benachbarten Stufe möglich geworden ist. Das letztere

gewährleistet, daß in allen Ringräumen ein gleicher Druck, welcher dem Förderdruck gleich ist, aufrechterhalten wird, was über die Oberfläche des Mantels gleichmäßig verteilte Kräfte erzeugt, die eine dichtende Wirkung auf die Stoßverbindung der Wände, von denen an einer die Schaufeln des Diffusors und an der anderen die Schaufeln des Rückleitapparates befestigt sind, sowie auf die Stoßverbindung des oberen und des unteren Gehäuseteils ausüben:

Die genannten Kräfte entlasten die Befestigungselemente, welche die Diffusorschaukeln mit den Mantelwänden verbinden, die Befestigungselemente, welche die Schaufeln des Rückleitapparates mit den Mantelwänden verbinden, und die Befestigungselemente, welche den Diffusor mit dem Rückleitapparat verbinden.

Diese Kräfte vermindern außerdem den Einfluß von dynamischen Belastungen, die beispielsweise beim Pumpen durch Druckpulsationen des Mediums in den Ringräumen des Gehäuses und in der sich in Durchströmkanal bewegendem Strömung hervorgerufen sind, auf die genannten Befestigungselemente, was die konstruktive Ermüdungsfestigkeit erhöht und einen Ermüdungsbruch der Befestigungselemente verhindert.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Konstruktion gewährleistet eine Reihenfolge des Zusammenbaus, bei der man den im unteren Teil des Gehäuses eingesetzten unteren Mantelteil jeder der Stufen mit dem oberen Mantelteil längs der horizontalen Teilungsebene verbindet, worauf man den oberen Gehäuseteil mit dem unteren längs der horizontalen Teilungsebene verbindet, was das Auftreten von Spielen in der horizontalen Teilungsebene der Mäntel der Verdichtungsstufen sowohl beim Zusammenbau als auch während des Betriebs ausschließt. Dies bedingt die zeitliche Konstanz der vom Verbraucher geforderten Parameter in bezug auf Leistung, Druck und Leistungsbedarf.

Das Fehlen der Zapfen-Nut-Verbindung des Gehäuses und des Mantels jeder Verdichtungsstufe bietet die Möglichkeit, die mechanische Bearbeitung der Innenfläche des Gehäuses und der Außenfläche der Mantelwände auszuschließen, was die Metallintensität des Verdichters um 25 bis 30% und den Herstellungsaufwand desselben um 30 bis 40% herabmindert. Dies vereinfacht auch die Herstellungstechnologie des Verdichters, verbessert die Fertigungsgerechtigkeit der Konstruktion des Gehäuses und der Mäntel, erlaubt den Einsatz von Gekneteschmiedestücken für Einzelteile, reduziert den Zyklus der Herstellung von Verdichterelementen und gewährleistet die Bequemlichkeit und den minimalen Arbeitsaufwand während des Zusammenbaus des Verdichters.

Das Fehlen eines auf den Mantel jeder Stufe wirkenden Druckgefälles verhindert, daß Biegemomente an den Wänden der Mäntel und an deren Befestigungselemente auftreten, was es gestattet, die Wände der Mäntel dünner zu machen und die Befestigungselemente, welche die Teile der Verdichtungsstufe miteinander verbinden, zu entlasten.

Das Fehlen der ringförmigen Zapfen-Nut-Verbindung zwischen dem Gehäuse und dem Mantel jeder Stufe gestattet es, die Mäntel der Verdichtungsstufen im Gehäuse unabhängig voneinander unterzubringen, was die Maßkette entlang der Längsachse des Verdichters vereinfacht. Dies beseitigt Hindernisse auf dem Wege der Vereinheitlichung der konstruktiven Lösungen von Kreisverdichtern und gewährleistet die Schaffung von vereinheitlichten technologischen Prozessen und bietet umfassende Möglichkeiten zur Realisierung technischer

DE 38 35 341 A1

7

8

Typenlösungen von Gehäusen, Verdichtungsstufen, Wellen, Laufrädern, Dichtungen sowohl in Verdichtern dergleichen Baugröße, welche die Arbeitsmedien mit unterschiedlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften verdichten, als auch in Verdichtern verschiedener Baugrößen, die ein und dasselbe Arbeitsmedium verdichten.

Dadurch, daß die Zapfen-Nut-Verbindung zwischen dem Gehäuse und den Mänteln fehlt, wird es möglich, den Einfluß von Kraft- und Wärmeverformungen des Gehäuses auf die Mäntel der Verdichtungsstufen und folglich auf den Zustand von Dichtungseinrichtungen der Verdichtungsstufen vollständig auszuschließen sowie eine stabile qualitätsgerechte und zuverlässige Arbeit der Verdichter sicherzustellen.

Es empfiehlt sich, daß zur Isolierung des Durchströmkanals jeder Stufe gegenüber dem Ringraum mit Ausnahme der ersten Stufe eine Dichtungseinrichtung vorgesehen ist, die an der Stirnfläche des Mantels einer vorhergehenden Stufe angebracht ist, wobei diese Stirnfläche der Stirnfläche des Mantels einer nachfolgenden Stufe in der Verbindungszone der Durchströmkanäle dieser Stufe zugewandt ist, während der erste Ringraum vom Saugraum des Verdichters mittels einer Dichtungseinrichtung isoliert ist, die an der Stirnfläche der Gehäusewand angebracht ist, welche den Saugraum in der Verbindungszone desselben mit dem Durchströmkanal der ersten Verdichtungsstufe begrenzt.

Eine derartige konstruktive Ausführung des Verdichters erlaubt es, Überströmungen des verdichteten Mediums aus jedem Ringraum, der unter dem Förderdruck steht, in den Durchströmkanal der Verdichtungsstufe in der Verbindungszone der Stirnflächen der Mäntel der benachbarten Stufen und in der Verbindungszone der Stirnfläche der Gehäusewand, die den Saugraum begrenzt, mit der Stirnfläche des Mantels der ersten Stufe auszuschließen.

Die Anbringung der Dichtungseinrichtung an der Stirnfläche einer der Mantelwände gestattet es, die Größe des abzudichtenden Spiels zwischen einem Hohlraum erhöhten Drucks und einem Hohlraum erniedrigten Drucks wesentlich zu verringern, und isoliert zuverlässig den Durchströmkanal jeder Stufe vom Ringraum.

Es ist zweckmäßig, daß die Dichtungseinrichtung einen Ring, der in einer an der Stirnfläche des Mantels eingearbeiteten Ringnut untergebracht ist, und ein Mittel zur Verschiebung desselben entlang der Längsachse des Verdichters einschließt.

Eine solche konstruktive Ausführung der Dichtungseinrichtung gewährleistet deren genaue Anordnung im Mantel und einen einfachen Zusammenbau des Verdichters im ganzen. Dies erklärt sich dadurch, daß die erfindungsgemäße Dichtungseinrichtung wegen des vorhandenen Spiels zwischen den Stirnflächen der Mäntel beim Zusammenbau und bei der Zentrierung die freie Unterbringung der Mäntel im Gehäuse nicht behindert und nach dem Zusammenbau eine zuverlässige Abdichtung des erwähnten Spiels durch Verschiebung des Ringes entlang der Längsachse des Verdichters bis zum Anschlag gegen die Stirnfläche des benachbarten Mantels und durch Erzeugung einer Dichtkraft mittels Spreizelementen, beispielsweise Federn, gewährleistet.

Die Zuverlässigkeit der Abdichtung wird dadurch erhöht, daß jeder Ring mit Dichtelementen versehen ist, von denen das eine in einer Rille aufgenommen ist, die an der Stirnfläche des Ringes eingearbeitet ist, welche der Stirnfläche des Mantels der benachbarten Stufe zugewandt ist, und das andere in einer Rille aufgenommen

ist, die an der mit der Wand der Ringnut des Mantels zusammenwirkenden zylindrischen Oberfläche des Ringes eingearbeitet ist.

Die Dichtelemente ermöglichen es, den Ringraum mit einem erhöhten Druck, welcher dem Druck im Druckraum gleich ist, vom Durchströmkanal der Stufe mit einem erniedrigten Druck, welcher dem Druck vor jeder der Verdichtungsstufen gleich ist, zuverlässig zu isolieren. Dies wird dadurch erreicht, daß die elastischen Elemente eventuelle Abweichungen der erwähnten Stirnfläche der Mäntel und des Gehäuses von der Parallelität zueinander und von der Perpendikularität derselben zur Längsachse des Verdichters, die während der Arbeit des letzteren sowohl wegen der entstehenden Verformung des Gehäuses und der Mäntel durch vom Druck des zu verdichtenden Mediums herrührende Kräfte als auch wegen der durch eine Erhöhung der Temperatur des zu verdichtenden Mediums während der Verdichtung bedingten Wärmeverformungen auftreten, kompensieren.

Es ist zweckmäßig, daß im Gehäuse auf der Seite der horizontalen Teilungsebene im unteren Gehäuseeteil symmetrisch in bezug auf eine durch die Längsachse des Gehäuses gehende Vertikalebene eine Nut eingearbeitet ist, die nach der Seite des Mantels der Stufe hin offen ist, wobei in der horizontalen Teilungsebene des Mantels ein Ansatz ausgeführt ist, der die axiale Verschiebung des Mantels verhindert, sich in einer von der Längsachse des Mantels am weitesten entfernten Zone befindet und in der Nut so angeordnet ist, daß seine dem oberen Teil des Gehäuses zugewandte Fläche sowohl mit der Teilungsebene des Mantels als auch mit der Teilungsebene des Gehäuses zusammenfällt.

Dies gewährleistet eine hohe Genauigkeit der Anordnung des Mantels jeder Verdichtungsstufe entlang der Längsachse des Verdichters und schließt die Möglichkeit zur infolge von Kraft- und Wärmeverformungen entstehenden Schiefstellung der Mäntel in der horizontalen Teilungsebene sowohl beim Zusammenbau als auch bei der Arbeit des Verdichters aus. Hierbei fixiert der obere Teil des Gehäuses zuverlässig die Lage des Mantels im Gehäuse, indem er das Auftreten eines Spielraumes zwischen dem Ansatz und dem Gehäuse in vertikaler Richtung verhindert und die Größe des oberen und des unteren Spiels in der Labyrinthdichtung des Laufrades und der Welle in einem vorgegebenen Bereich stabil aufrechterhält. Das Letztere vermindert Überströmungen des Arbeitsmediums über die Dichtungen und erhöht den Wirkungsgrad des Verdichters.

Es ist notwendig, daß in der Nut eine Einlage angeordnet ist, bei welcher eine ihrer Wände mit der Stirnwand der Nut zusammenwirkt, während die andere, der einen Wand gegenüberliegende Wand mit einem über sie vorstehenden Anschlag versehen ist, dessen Stirnfläche in bezug auf die ihr zugewandte Stirnfläche des Ansatzes mit einem Spielraum angeordnet ist, welcher der Größe der zulässigen Verschiebung des Mantels in der zur Längsachse des Verdichters senkrechten Richtung gleich ist.

Diese Ausführung des Verdichters gewährleistet während seiner Arbeit eine Selbstzentrierung der Dichtungen der Laufräder und der Verdichterwelle. Bei der Wärmeausdehnung jedes Mantels in der horizontalen Teilungsebene wird stets eine Vergrößerung des kleineren Radialspiels zwischen der Fassung der Labyrinthdichtung und der Welle und eine Verringerung des gegenüberliegenden größeren Radialspiels stattfinden. Dies ist dadurch bedingt, daß bei der Wärmeausdeh-

9

DE 38 35 341 A1

10

nung jedes Mantels der letztere zuerst den kleineren Spielraum zwischen dem Anschlag der Einlage und der Stirnfläche des Ansatzes und dann den größeren Spielraum zwischen der Stirnfläche des anderen Ansatzes und dem Anschlag der anderen Einlage beseitigt.

Dies vereinfacht wesentlich den Prozeß des Zusammenbaus des Verdichters, weil es gleichgültig geworden ist, wie beim Zusammenbau die untere Mantelhälfte im Gehäuse angeordnet ist: gleichachsig mit der Welle oder exzentrisch zu der letzteren.

Es ist wünschenswert, daß der Anschlag aus austenitischem Stahl besteht. Die Verwendung von austenitischem Stahl für den Anschlag ist durch seine hohe Plastizität bedingt. Bei der Selbstzentrierung der Mäntel erfolgt die Quetschung der Anschläge um eine Größe, die im wesentlichen gleich ist dem Maß der wärmebedingten Verschiebung des Mantels in Richtung senkrecht zur Längsachse des Verdichters in der horizontalen Teilungsebene desselben. Dies führt dazu, daß das Radialspiel zwischen der Fassung der Labyrinthdichtung und der Welle und das Spiel zwischen der Fassung der Dichtung und dem Laufrad im Grunde ringförmig wird, was Überströmungen des Mediums über die Labyrinthdichtungen aus Hohlräumen mit erhöhtem Druck in Hohlräume mit erniedrigtem Druck vermindert.

Es empfiehlt sich, den Innenraum des Gehäuses mit dem Druckraum mittels einer außerhalb des Verdichters liegenden Leitung zu verbinden. Eine derartige Lösung ist in denjenigen Fällen besonders günstig, wo der Druckraum von dem Innenraum des Gehäuses isoliert ist. Dadurch wird es möglich, den Einfluß von Druckpulsationen im Druckraum beispielsweise beim Pumpen vollständig auszuschließen, weil die erwähnten Pulsationen in der Leitung abklingen.

Von Vorteil ist, wenn an der Leitung eine Einrichtung zur Messung der Durchsatzmenge des zu verdichtenden Mediums angebracht ist.

Solch eine Ausführung des Verdichters gestattet es, den Zustand des Strömungsteils des Verdichters während seines Betriebes durch Überwachung des Arbeitsmediumdurchsatzes durch die erwähnte Leitung zu diagnostizieren. Das Fehlen eines Durchsatzes zeugt davon, daß die Stoßverbindung der Wände jedes Mantels, die Stoßverbindung der oberen und der unteren Hälfte jedes Mantels und die Dichtungseinrichtung zur Isolierung des Durchströmkanals jeder Verdichtungsstufe vom Ringraum die erforderliche Dichtheit gewährleisten und Überströmungen des Arbeitsmediums aus Hohlräumen mit erhöhtem Druck in Hohlräume mit erniedrigtem Druck ausschließen.

Der Arbeitswirkungsgrad des erfindungsgemäßen Verdichters kann erhöht werden, wenn an der Leitung ein Wärmetauscher installiert ist, der vor der Einrichtung zur Messung der Durchsatzmenge des zu verdichtenden Mediums — gesehen in der Strömungsrichtung des letzteren — angeordnet ist.

Die Verwendung eines Wärmetauschers ist besonders günstig, wenn der Verdichter gemäß der Erfindung eine hohe Temperatur des Arbeitsmediums, z. B. über 300°C, am Austritt hat. Die Zuführung des im Wärmetauscher gekühlten zu verdichtenden Mediums in den Innenraum des Gehäuses schließt eine zusätzliche Erwärmung des zu verdichtenden Mediums im Durchströmkanal jeder Verdichtungsstufe aus, was die Stabilität des gasdynamischen Kennlinien des Verdichters gewährleistet.

Ein für die Luftzufuhr in einen Hochofen bestimmter Kreisverdichter mit drei Verdichtungsstufen, ausgeführt

gemäß der Erfindung, hat im optimalen Betriebszustand eine Drehzahl der Welle von 5000 U/min, eine auf die Saugverhältnisse bezogene Leistung von 2400 m<sup>3</sup>/min (beim Anfangsdruck der in die erste Verdichtungsstufe gelangenden Luft von 1 bar und bei der Temperatur derselben von 20°C), einen Druck der aus dem Druckraum austretenden Luft von 4 bar, einen Leistungsbedarf von 8500 kW und einen polytropischen Wirkungsgrad von 86%. Des weiteren weist der erfindungsgemäße Verdichter eine um 25 bis 30% geringere Metallintensität und einem um 30 bis 40% kleineren Herstellungsaufwand auf und kennzeichnet sich durch Einfachheit und hohe Genauigkeit von Montagearbeiten im Vergleich mit den bekannten Konstruktionen von Verdichtern ähnlicher Zweckbestimmung.

Anhand von Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 schematisch eine erste Ausführungsform des Kreisverdichters im Axialschnitt;

Fig. 2 den Schnitt II-II von Fig. 1;

Fig. 3 die untere Hälfte des Mantels einer Zwischenverdichtungsstufe im Axialschnitt;

Fig. 4 die untere Hälfte des Mantels der letzten Verdichtungsstufe verbunden mit dem Druckraum des Verdichters im Axialschnitt;

Fig. 5 einen Teil des Mantels mit einer Dichtungseinrichtung im Axialschnitt;

Fig. 6 eine Ansicht in Pfeilrichtung D von Fig. 5;

Fig. 7 eine im unteren Teil des Gehäuses eingearbeitete Nut mit in ihr angeordnetem Ansatz der unteren Mantelhälfte im Radialschnitt;

Fig. 8 eine Ansicht in Pfeilrichtung E von Fig. 7 bei abgenommenem oberem Gehäuseteil;

Fig. 9 einen Teil des Mantels mit einer Dichtungseinrichtung beim Zusammenbau des Kreiselverdichters und

Fig. 10 eine zweite Ausführungsform des Kreiselverdichters im Axialschnitt.

Der in Fig. 1 und 2 gezeigte Kreiselverdichter, der beispielsweise für die Windzuführung in einen Hochofen bestimmt sein kann, hat ein Gehäuse 1 mit horizontaler Teilungsebene A-A, in dem drei Verdichtungsstufen 2 und 2a angeordnet sind, von denen die in der Strömungsrichtung eines zu verdichtenden Mediums erste Stufe 2 mit dem Saugraum 3 des Kreiselverdichters und die letzte 2a mit dem Druckraum 4 in Verbindung steht.

Jede der Stufen 2 ist in einem mit dem Gehäuse 1 verbundenen Mantel 5 untergebracht. Die Außenfläche der Wand jedes Mantels 5 bildet im Innenraum 6 des Gehäuses 1 Ringräume 7, während die Innenfläche der Wand des Mantels 5 einen Durchströmkanal 8 der Verdichtungsstufe 2 begrenzt, welcher mit dem Durchströmkanal 8 der in der Strömungsrichtung des zu verdichtenden Mediums nachfolgenden Verdichtungsstufe 2a in Verbindung steht. Die letzte Verdichtungsstufe 2a ist in einem mit dem Gehäuse 1 verbundenen Mantel 5a untergebracht. Die Außenfläche der Wand des Mantels 5a begrenzt im Innenraum 6 des Gehäuses 1 einen Ringraum 7, während die Innenfläche der Wand des Mantels 5a einen Durchströmkanal 8a begrenzt, der an dem einen Ende mit dem Durchströmkanal 8 der vorhergehenden Verdichtungsstufe 2 und an dem anderen mit dem Druckraum 4 in Verbindung steht. Der Durchströmkanal 8 jeder Verdichtungsstufe 2 und der Durchströmkanal 8a der Verdichtungsstufe 2a sind von dem Ringraum 7 isoliert, der mit den anderen Ringräumen 7 entlang der Innenfläche 9 des oberen Teils 1a und des unteren Teils



## DE 38 35 341 A1

11

1b des Gehäuses 1 verbunden ist. Der Innenraum 6 des Gehäuses 1 steht mit dem Druckraum 4 des Verdichters in Verbindung. Der Saugraum 3 des Verdichters ist mittels eines Ansaugstutzens 10 mit einer nicht gezeigten Luftzuführungsleitung verbunden, während der Druckraum 4 mit einem Verbraucher in Verbindung steht. Im Saugraum 3 befindet sich ein Leitapparat, der mit der Gehäuse 1 verbunden ist und krummlinige Schaufeln 11 aufweist, die eine axialsymmetrische Luftströmung ausbilden, welche dem Laufrad 12 der ersten Verdichtungsstufe 2 zugeführt wird.

Der Durchströmkanal 8 jeder Verdichtungsstufe 2 ist durch das Laufrad 12, einen beschauften Diffusor 13 und einen Rückleitapparat 14 gebildet, welche in der Bewegungsrichtung der zu verdichtenden Luftströmung aufeinanderfolgend angeordnet sind.

Der Durchströmkanal 8a der letzten Verdichtungsstufe 2a ist durch das Laufrad 12 und den beschauften Diffusor 13 gebildet.

Jedes Laufrad 12 ist auf einer Antriebswelle 15 angeordnet, die von einer (nicht gezeichneten) Dampfturbine von 12 MW Leistung umlaufend angetrieben wird.

Der Mantel 5 jeder Verdichtungsstufe 2 besitzt eine Teilungsebene B-B (Fig. 3), die zur Längsachse des Verdichters senkrecht ist, und eine Teilungsebene C-C (Fig. 2), die mit der horizontalen Teilungsebene A-A des Gehäuses 1 zusammenfällt. Die vertikale Teilungsebene B-B (Fig. 3) teilt den Mantel 5 in zwei Hohlräume auf, von denen in dem einen die Schaufeln 16 des Diffusors 13 und in dem anderen die Schaufeln 17 des Rückleitapparates 14 untergebracht sind. Der Durchströmkanal des Diffusors 13 ist durch die Außenwand 18 des Mantels 5 und die Innenwand 19 des Diffusors 13 begrenzt. Der Durchströmkanal des Rückleitapparates 14 ist durch die Außenwand 20 des Mantels 5 und die Innenwand 21 begrenzt. Die Schaufeln 16 des Diffusors 13 sind mittels Schraubenbolzen 22 und Muttern 23 an der Wand 18 und an der Wand 19 befestigt. Die Schaufeln 17 des Rückleitapparates 14 sind mittels Schraubenbolzen 24 und Muttern 25 an der Wand 20 und der Wand 21 befestigt. Der Diffusor 13 und der Rückleitapparat 14 sind längs der vertikalen Teilungsebene B-B mittels Stiftschrauben 26 und Muttern 27 miteinander verbunden und bilden die obere Hälfte 5b und die untere Hälfte 5c des Mantels 5, welche durch (in Fig. nicht gezeigte) Stiftschrauben und Muttern miteinander verbunden sind.

Der Mantel 5a der letzten Verdichtungsstufe 2a besitzt nur die horizontale Teilungsebene C-C.

Zur Isolierung jedes Durchströmkanals 8 der Zwischen-Verdichtungsstufe 2 und des Durchströmkanals 8a der letzten Verdichtungsstufe 2a von dem Ringraum 7 außer dem ersten ist eine Dichtungseinrichtung 28 vorgesehen, die an der Stirnfläche 29 des Mantels 5 der vorhergehenden Verdichtungsstufe 2 angebracht ist, wobei diese Stirnfläche der Stirnfläche des Mantels 5 der nachfolgenden Verdichtungsstufe 2 in der Verbindungszone der Durchströmkanäle 8 dieser Verdichtungsstufen 2 oder der Stirnfläche des Mantels 5a der letzten Verdichtungsstufe 2a zugewandt ist.

Der erste Ringraum 7 (Fig. 1) ist von dem Saugraum 3 des Verdichters durch die Dichtungseinrichtung 28 isoliert, die an der Stirnfläche 30 der Wand des Gehäuses 1 angebracht ist, welche den Saugraum 3 in der Verbindungszone desselben mit dem Durchströmkanal 8 der ersten Verdichtungsstufe 2 begrenzt.

Der Druckraum 4 (Fig. 4) des Verdichters ist von einem hinter dem Laufrad 12 der letzten Verdichtungsstu-

12

fe 2a befindlichen Hohlraum 31 mittels einer Dichtungseinrichtung 28a isoliert, die an der Stirnfläche 32 der Wand 19a des Diffusors 13 angebracht ist, welche den Druckraum 4 begrenzt.

Zur Verminderung von Axialkräften, die auf ein nicht gezeigtes Drucklager auf der Seite der Laufräder 12 wirken, ist auf der Welle 15 des Verdichters ein Entlastungskolben 33 angebracht. Zur Vermeidung einer Überströmung des zu verdichtenden Mediums, beispielsweise Luft, aus dem Hohlraum 31 hinter dem Laufrad 12 in den hinter dem Kolben 33 befindlichen Hohlraum 34, der mit dem Saugraum 3 (Fig. 1) verbunden ist, ist eine Labyrinthdichtung 35 (Fig. 4) vorgesehen, deren Fassung 36 konzentrisch zum Kolben 33 angeordnet und mit dem Gehäuse 1 verbunden ist. Zur Verhinderung einer Verschiebung des Kolbens 33 in axialer Richtung ist ein Feststellring 37 vorgesehen.

Die Dichtungseinrichtung 28 schließt einen Ring 38 (Fig. 5) der in einer an der Stirnfläche 29 des Mantels 5 eingearbeiteten Ringnut 39 untergebracht ist, und ein Mittel zur Verschiebung des Ringes 38 entlang der Längsachse des Verdichters ein. Dieses Mittel besteht beispielsweise aus Federn 40. Um zu verhindern, daß der Ring 38 aus der Nut 39 herausfällt, ist er mit einem ringförmigen Absatz 41 versehen, der mit gleichmäßig über die Stirnfläche 29 des Mantels 5 verteilten Anschlagleisten 42 zusammenwirkt, welche in Rillen 43 (Fig. 6) angeordnet sind. Jede Anschlagleiste 42 ist am Mantel 5 mittels Schraubenbolzen 44 befestigt. Der Ring 38 der Dichtungseinrichtung 28 ist mit zwei Dichtelementen 45, 46 versehen, von denen das eine 45 sich in einer Rille 47 befindet, die an der Stirnfläche des Ringes 38 eingearbeitet ist, welche der Stirnfläche der Außenwand 18 (Fig. 3) des Mantels 5 der nachfolgenden Verdichtungsstufe 2 zugewandt ist. Das andere Dichtelement 46 (Fig. 5) befindet sich in einer Rille 48, die in der Zylinderfläche des Ringes 38 eingearbeitet ist, welche mit der Wand der Ringnut 39 zusammenwirkt.

Die Dichtungseinrichtung 28a (Fig. 4) schließt einen Ring 38a, der in einer in der Stirnfläche 32 der Wand 19a eingearbeiteten Ringnut 39a untergebracht ist, und ein Mittel zur Verschiebung des Ringes 38a entlang der Längsachse des Verdichters ein, welches in Form von Federn 40a ausgebildet ist. Der Ring 38a ist mit einem ringförmigen Absatz 41a versehen, der mit Anschlagleisten 42a zusammenwirkt, welche an der Wand 19a mittels nicht gezeigter Schraubenbolzen befestigt sind. Der Ring 38a ist mit Dichtelementen 45a und 46a versehen, die sich jeweils in Rillen 47a und 48a befinden und mit der Stirnfläche des Gehäuses 1 und mit der Wand der Ringnut 39a zusammenwirken.

Zur Gewährleistung einer hohen Genauigkeit der Anordnung des Mantels 5 (Fig. 1) jeder Verdichtungsstufe 2 entlang der Längsachse des Verdichters und zur Vermeidung einer Schiefstellung jedes Mantels 5 in der horizontalen Teilungsebene C-C (Fig. 2) sowohl beim Zusammenbau als auch beim Betrieb des Verdichters ist im Gehäuse 1 (Fig. 1) des letzteren auf der Seite der horizontalen Teilungsebene A-A im unteren Teil 1b desselben symmetrisch in bezug auf die zur Längsachse des Verdichters senkrechte Vertikalebene eine Nut 49 (Fig. 7) eingearbeitet, die in Richtung der oberen Hälfte 5b des Mantels 5 der Verdichtungsstufe 2 offen ist. In der horizontalen Teilungsebene C-C des Mantels 5 sind an dessen unterer Hälfte 5c zwei Ansätze 50 ausgebildet, die symmetrisch in bezug auf die Längsachse des Verdichters angeordnet sind. Jeder Ansatz 50 ist mit einer Stützscheibe 51 versehen, die mit dem Ansatz 50 mittels

## DE 38 35 341 A1

13

Schrauben 52 verbunden ist. Die Ansätze 50 verhindern eine Verschiebung des Mantels 5 entlang der Längsachse des Verdichters, sind in einer von der Längsachse des Mantels 5 am weitesten entfernten Zone angeordnet und so in die Nut 49 (Fig. 8) eingesetzt, daß die dem oberen Teil 1a des Gehäuses zugewandte Fläche jedes Ansatzes 50 (Fig. 7) sowohl mit der horizontalen Teilungsebene C-C des Mantels 5 als auch mit der horizontalen Teilungsebene A-A des Gehäuses 1 zusammenfällt.

Zur Gewährleistung einer Selbstzentrierung der Dichtungen der Laufräder 12 und der Welle 15 (Fig. 1) ist in jeder Nut 49 (Fig. 8) eine Einlage 53 untergebracht, deren eine Wand mit der Stirnwand 54 der Nut 49 zusammenwirkt, während die andere, gegenüberliegende Wand 55 mit einem Anschlag 56 (Fig. 7) versehen ist, welcher in bezug auf die Wand 55 vorsteht. Zwischen der Stirnfläche 57 des Ansatzes 50 und der Stirnfläche 58 des Anschlags 56 ist ein Spielraum vorgesehen, welcher der zulässigen Größe der Verschiebung des Mantels 5 in der zur Längsachse des Verdichters senkrechten Richtung gleich ist. Der Anschlag 56 besteht aus austenitischem Stahl. Die Verwendung von austenitischem Stahl für den Anschlag 56 ist durch seine hohe Plastizität bedingt, was die Selbstzentrierung der Mantel 5 durch Quetschung der Anschläge 56 um eine Größe gewährleistet, die im wesentlichen dem Maß der wärmebedingten Verschiebung des Mantels 5 in der zur Verdichterslängsachse senkrechten Richtung in der horizontalen Teilungsebene A-A des Verdichters gleich ist.

Zur Verhinderung einer Überströmung der zu verdichtenden Luft entlang der Längsachse der Welle 15 (Fig. 3) aus dem Durchströmkanal 8 der nachfolgenden Verdichtungsstufe 2 in den Durchströmkanal 8 der vorhergehenden Verdichtungsstufe 2 sind Labyrinthdichtungen 59 vorgesehen, von denen bei jeder die Fassung 60 mit Anschlängen 61 versehen ist, an der Innenwand 21 des Rückleitapparates 14 angebracht ist und eine mit der Welle 15 starr verbundene Buchse 62 umfaßt.

Zur Verhinderung von Überströmungen der zu verdichtenden Luft an den Austrittsstellen der Welle 15 (Fig. 1) aus dem Gehäuse 1 sind endseitige Labyrinthdichtungen 63, 64 vorgesehen. Die Fassung 65 der Labyrinthdichtung 63 ist im Gehäuse 1 auf der Seite des Saugraumes 3 angeordnet und umfaßt eine mit der Welle 15 starr verbundene Buchse 62a, während die Fassung 66 der Labyrinthdichtung 64 auf der Seite des Druckraumes 4 angeordnet ist, und eine mit der Welle 15 starr verbundene Buchse 62a aufweist.

Zur Verhinderung von Überströmungen der zu verdichtenden Luft aus einem Hohlraum 67 (Fig. 3) hinter dem Laufrad 12 jeder Verdichtungsstufe 2 in einen Hohlraum 66 vor dem Laufrad 12 ist eine Labyrinthdichtung 69 vorgesehen, dessen Fassung 70 mit Anschlängen 71 versehen ist, an der Außenwand 18 des Diffusors 13 angebracht ist und den abzudichtenden Bund 72 des Laufrades 12 umfaßt.

Beim Betrieb des Verdichters wird im Innenraum 6 (Fig. 1) des Gehäuses 1 in den Ringräumen 7 ein gleicher Druck erzeugt, der dem Druck im Druckraum 4 gleich ist. Dadurch werden Kräfte erzeugt, die über die Oberfläche des Mantels 5 jeder Verdichtungsstufe 2 gleichmäßig verteilt sind und eine dichtende Wirkung auf die vertikale Teilungsebene B-B (Fig. 3) des Mantels sowohl in der Verbindungszone seiner Außenwände 18, 20 als auch in der Verbindungszone der Innenwand 19 des Diffusors 13 und der Innenwand 21 des Rückleitapparates 14 ausüben. Die über die Oberfläche des Man-

14

tels 5 gleichmäßig verteilten Kräfte üben ebenfalls eine dichtende Wirkung auf die horizontale Teilungsebene C-C (Fig. 2) des Mantels 5 aus. Die erwähnten Kräfte entlasten die Schraubenbolzen 22 (Fig. 3), welche die Schaufeln 16 des Diffusors 13 mit dessen Wänden 18, 19 verbinden, die Schraubenbolzen 24, welche die Schaufeln 17 des Rückleitapparates 14 mit dessen Wänden 20, 21 verbinden, und die Stiftschrauben 26, die den Diffusor 13 und den Rückleitapparat 14 jeder Verdichtungsstufe 2 verbinden. Außerdem vermindern diese Kräfte den Einfluß von dynamischen Belastungen, die beispielsweise beim Pumpen durch Druckpulsationen des Mediums in den Ringräumen 7 des Gehäuses 1 und in der sich im Durchströmkanal 8 bewegenden Strömung hervorgerufen sind, auf die Schraubenbolzen 22, Schraubenbolzen 24 und Stiftschrauben 26. Dies erhöht die konstruktive Ermüdungsfestigkeit der letzteren und verhindert deren Ermüdungsbruch.

Das Fehlen eines auf den Mantel 5 jeder Verdichtungsstufe 2 wirkenden Druckgefälles schließt aus, daß Biegemomente in den Wänden 18, 19, 20, 21, den Schraubenbolzen 22, 24 und den Stiftschrauben 26 auftreten. Dieses gestattet es, die Dicke der Wände 18, 19, 20, 21 der Mäntel 5 zusätzlich zu vermindern und die Befestigungselemente im Vergleich mit den bekannten Bauarten von Verdichtern ähnlicher Zweckbestimmung zu entlasten.

Der Prozeß der Komprimierung der Luft im Durchströmkanal 8 jeder Verdichtungsstufe 2 wird von einer Erhöhung der Lufttemperatur begleitet, wobei infolgedessen die Wände 18, 19, 20, 21 des Mantels 5 sich erwärmen, was ihre Wärmeausdehnung hervorruft, bei welcher der kleinere Spielraum "δ" (Fig. 2, 7) zwischen dem Anschlag 56 der Einlage 53 und der Stirnfläche 57 des Ansatzes 50 bis auf Null abnimmt. Hierbei wirkt die Stirnfläche 57 des Ansatzes 50 mit der Stirnfläche 58 des Anschlags 56 zusammen. Die weitere Ausdehnung des Mantels 5 (Fig. 2) erfolgt in Richtung des größeren Spielraumes "δ". Dies wird von der Selbstzentrierung der Labyrinthdichtungen 59, 60 (Fig. 3) der Laufräder 12 und der Welle 15 begleitet. Das Spiel zwischen den Fassungen 70, 60 der Labyrinthdichtungen 69, 59 der Laufräder 12 bzw. der Welle 15 wird so gut wie ringförmig.

Der Kreiselverdichter wird wie folgt montiert:

Zuerst bringt man in den unteren Teil 1b (Fig. 1) des Gehäuses 1 mit den darin angeordneten Fassungen 36, 65, 66 der Labyrinthdichtung 35 beziehungsweise der endseitigen Labyrinthdichtungen 63 und 64 die untere Hälfte 5c (Fig. 2) des Mantels 5 jeder Verdichtungsstufe 2 mit dem in der Ringnut 39 (Fig. 5), die an der Stirnfläche 29 des Mantels 5 eingearbeitet ist, eingesetzten Halbring der Dichtungseinrichtung 28 sowie die untere Hälfte des Mantels 5a der letzten Verdichtungsstufe 2a mit dem in der Ringnut 39a (Fig. 4) eingesetzten Halbring der Dichtungseinrichtung 28a ein.

Dabei setzt man die Ansätze 50 (Fig. 7) der unteren Hälfte 5c des Mantels 5 bzw. 5a in die Nuten 49 des unteren Teils 1b des Gehäuses 1 so ein, daß die den oberen Teil 1a des Gehäuses 1 zugewandte Fläche der Ansätze 50 mit der horizontalen Teilungsebene A-A des Gehäuses 1 (Fig. 7) zusammenfällt.

Danach bringt man in den unteren Teil 1b (Fig. 1) des Gehäuses 1 mit dem darin aufgenommenen unteren Hälfte 5c der Mäntel 5 und des Mantels 5a die Welle 15 samt den mit dieser starr verbundenen Laufrädern 12 der Verdichtungsstufen 2, 2a, und den Buchsen 62, 62a ein.

Alsdañ bringt man an der Wand 18 (Fig. 3) jeder



## DE 38 35 341 A1

15

Verdichtungsstufe 2, an der Wand 18a (Fig. 4) der letzten Verdichtungsstufe 2a auf den Anschlägen 71 die Fassungen 70 und an der Wand 21 (Fig. 3) jeder Verdichtungsstufe 2 auf den Anschlägen 61 die Fassungen 60 an. Daraufhin mißt man in der horizontalen Teilungsebene C-C (Fig. 2) der unteren Hälfte 5c des Mantels das Radialspiel zwischen der Fassung 60 (Fig. 3) und der Buchse 52.

Danach stellt man zwischen der Stirnfläche 57 (Fig. 7) jedes Ansatzes 50 und der Stirnfläche 58 des Anschlags 56 einen Spielraum ein, der im wesentlichen der Größe des Radialspiels zwischen der Fassung 60 (Fig. 3) und der Buchse 62 gleich ist.

Dann setzt man auf die unteren Hälften 5c der Mäntel 5 und des Mantels 5a die oberen Hälften 5b der Mäntel 5 und des Mantels 5a mit in den Ringnuten 39, 39a der letzteren untergebrachten Halbringen der Dichtungseinrichtungen 28, 28a auf und verbindet die Hälften 5c und 5b der Mäntel 5 und des Mantels 5a mittels nicht gezeigter Stiftschrauben mit Muttern, worauf man den oberen Teil 1a des Gehäuses auf den unteren Teil 1b stellt und die beiden Teile mittels nicht gezeigter Schraubenbolzen und Stiftschrauben starr verbindet.

Ein in Fig. 10 dargestellter Kreiselverdichter mit vier Verdichtungsstufen, welcher beispielsweise für die Verdichtung des nitrosen Gases in technologischen Anlagen zur Herstellung von schwacher Salpetersäure bestimmt ist, hat einen Aufbau, der dem des in Fig. 1 dargestellten Verdichters ähnlich ist. Den Unterschied bildet die Ausführung des Druckraumes 73 in Form einer Schnecke und die Verwendung eines unbeschauften Diffusors 74 in der letzten Verdichtungsstufe 2a. Bei diesem Verdichter steht der Druckraum 73 mittels einer Leitung 75, die sich außerhalb des Gehäuses 1 befindet, über einen Wärmeaustauscher 76, welcher mittels einer Leitung 77 mit einer Einrichtung 78 zur Messung des Durchsatzes des zu verdichtenden nitrosen Gases verbunden ist, und über eine Leitung 79, die an eine Öffnung 80 in der Wand des Gehäuses 1 angeschlossen ist, mit dem Innenraum 6 des Gehäuses 1 in Verbindung.

Die Durchsatzmeßeinrichtung 78 ist mit einem Gerät 81 elektrisch gekoppelt, das den Durchsatz des Mediums erfaßt.

Der Kreiselverdichter arbeitet ähnlich wie vorstehend beschrieben. Falls aber ein Pumpen des Verdichters entsteht, welches zu Druckpulsationen im Druckraum 73 führt, klingen die letzteren in den Leitungen 75, 77 und 79 ab.

Das Vorhandensein der Einrichtung 78 zur Messung des Durchsatzes des zu verdichtenden Gases erlaubt es, während des Betriebes des Verdichters über den Zustand seines Strömungsteils zu urteilen. Das Fehlen einer Überströmung des Gases aus dem Druckraum 73 in den Innenraum 6 des Gehäuses zeugt davon, daß die Verbindung der Mäntel 5 der Verdichtungsstufen 2 längs der vertikalen Teilungsebene B-B (Fig. 3), die Verbindung der unteren Hälfte 5b und der oberen Hälfte 5c in der horizontalen Teilungsebene C-C (Fig. 8) der Mäntel 5 und des Mantels 5a sowie die Dichtungseinrichtungen 28 (Fig. 5), 28a (Fig. 4) die erforderliche Dichtheit gewährleisten.

Eine jähe Vergrößerung der Überströmungen des Gases, festgestellt durch die Einrichtung 78 (Fig. 10), zeugt von einer Betriebsstörung des Verdichters und erfordert eine Stillsetzung desselben, um die Störungsursache aufzudecken.

Da das nitrose Gas im Druckraum 73 eine hohe Temperatur von z. B. 350°C hat, wird zur Vermeidung einer

16

zusätzlichen Erwärmung des verdichteten Gases in den Durchströmkanälen 8, 8a der Verdichtungsstufen 2, 2a das aus dem Druckraum 73 überströmende Gas im Wärmeaustauscher 76 gekühlt. Dies gewährleistet die Stabilität der gasdynamischen Kennlinien des Verdichters.

## Patentansprüche

1. Kreiselverdichter mit horizontaler Teilungsebene, in dessen Gehäuse (1) Verdichtungsstufen (2 und 2a) angeordnet sind, von denen die in der Bewegungsrichtung des zu verdichtenden Mediums erste Stufe (2) mit dem Saugraum (3) des Verdichters und die letzte Stufe (2a) mit dem Druckraum (4) in Verbindung steht, wobei jede Stufe (2) sich in einem mit dem Gehäuse (1) verbundenen Mantel (5) befindet, die Außenfläche der Wand des Mantels (5) im Innenraum (6) des Gehäuses (1) Ringräume (7) bildet, und die Innenfläche der Wand des Mantels (5) den Durchströmkanal (8) der Stufe (2) begrenzt, welcher mit dem Durchströmkanal (8 oder 8a) der in der Bewegungsrichtung des zu verdichtenden Mediums nachfolgenden Stufe (2, 2a) in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchströmkanal (8, 8a) jeder Stufe (2, 2a) von dem Ringraum (7) isoliert ist, der mit den anderen Ringräumen (7) entlang der Innenfläche (9) der Wand des Gehäuses (1) verbunden ist, dessen Innenraum (6) mit dem Druckraum (4) in Verbindung steht.

2. Kreiselverdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Isolierung des Durchströmkanals (8, 8a) jeder Verdichtungsstufe (2, 2a) von dem Ringraum (7) mit Ausnahme des ersten Ringraums eine erste Dichtungseinrichtung (28) vorgesehen ist, die an der Stirnfläche (29) des Mantels (5) einer vorhergehenden Stufe (2) angebracht ist, wobei diese Stirnfläche der Stirnfläche des Mantels (5 bzw. 5a) einer nachfolgenden Stufe (2 bzw. 2a) in der Verbindungszone der Durchströmkanäle dieser Stufen zugewandt ist, während der erste Ringraum (7) von dem Saugraum (3) des Verdichters mittels einer zweiten Dichtungseinrichtung (28) isoliert ist, die an der Stirnfläche (30) der Wand des Gehäuses (1) angebracht ist, welche den Saugraum (3) in seiner Verbindungszone mit dem Durchströmkanal (8) der ersten Verdichtungsstufe (2) begrenzt.

3. Kreiselverdichter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtungseinrichtung (28) einen Ring (38), der in einer an der Stirnfläche (29) des Mantels (5) eingearbeiteten Ringnut (39) untergebracht ist, und ein Mittel zur Verschiebung des Rings (38) entlang der Längsachse des Verdichters aufweist.

4. Kreiselverdichter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (38) mit Dichtelementen (45, 46) versehen ist, von denen das eine (45) in einer Rille (47) aufgenommen ist, die an der Stirnfläche des Ringes eingearbeitet ist, welche der Stirnfläche der nachfolgenden Stufe (2 bzw. 2a) zugewandt ist, während das andere Dichtelement (46) in einer Rille (48) aufgenommen ist, die in der zylindrischen Oberfläche des Ringes (38) eingearbeitet ist, welche mit der Wand der Ringnut (39) des Mantels (5) zusammenwirkt.

5. Kreiselverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse (1) auf der Seite der horizontalen Teilungsebene (A-A)

## DE 38 35 341 A1

17

18

in seinem unteren Teil (1b) symmetrisch in bezug auf eine durch die Längsachse des Gehäuses (1) gehende Vertikalebene eine Nut (49) eingearbeitet ist, die zur Seite des Mantels (5 bzw. 5a) der Verdichtungsstufe (2 bzw. 2a) hin offen ist, wobei in der horizontalen Teilungsebene (C-C) desselben ein Ansatz (50) vorgesehen ist, welcher die axiale Verschiebung des Mantels (5 bzw. 5a) verhindert, sich in einer von der Längsachse des Mantels (5 bzw. 5a) am weitesten entfernten Zone befindet und in der Nut (49) so angeordnet ist, daß seine dem oberen Teil (1a) des Gehäuses (1) zugewandte Fläche sowohl mit der Teilungsebene (C-C) des Mantels (5 bzw. 5a) als auch mit der Teilungsebene (A-A) des Gehäuses (1) zusammenfällt.

6. Kreiselverdichter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nut (49) eine Einlage (53) angeordnet ist, deren eine Wand mit der Stirnwand der Nut (49) zusammenwirkt, während die gegenüberliegende andere Wand mit einem über sie vorstehenden Anschlag (56) versehen ist, dessen Stirnfläche in bezug auf die ihr zugewandte Stirnfläche des Ansatzes (50) mit einem Spielraum angeordnet ist, welcher der Größe der zulässigen Verschiebung des Mantels (5 bzw. 5a) in der zur Längsachse des Verdichters senkrechten Richtung gleich ist.

7. Kreiselverdichter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Anschlag (56) aus austenitischem Stahl besteht.

8. Kreiselverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenraum (6) des Gehäuses (1) mit dem Druckraum (4) mittels einer außerhalb des Verdichters liegenden Leitung in Verbindung steht.

9. Kreiselverdichter nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß an der Leitung eine Einrichtung (78) zur Messung des Durchsatzes des zu verdichtenden Mediums angebracht ist.

10. Kreiselverdichter nach Anspruch 8 und/oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß in Strömungsrichtung des zu verdichtenden Mediums in der Leitung ein Wärmeaustauscher (76) vor der Einrichtung (78) zur Durchsatzmessung angeordnet ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

DE 38 35 341 A1

Int. Cl. 5:

F 04 D 29/58

Offenlegungstag:

19. April 1990

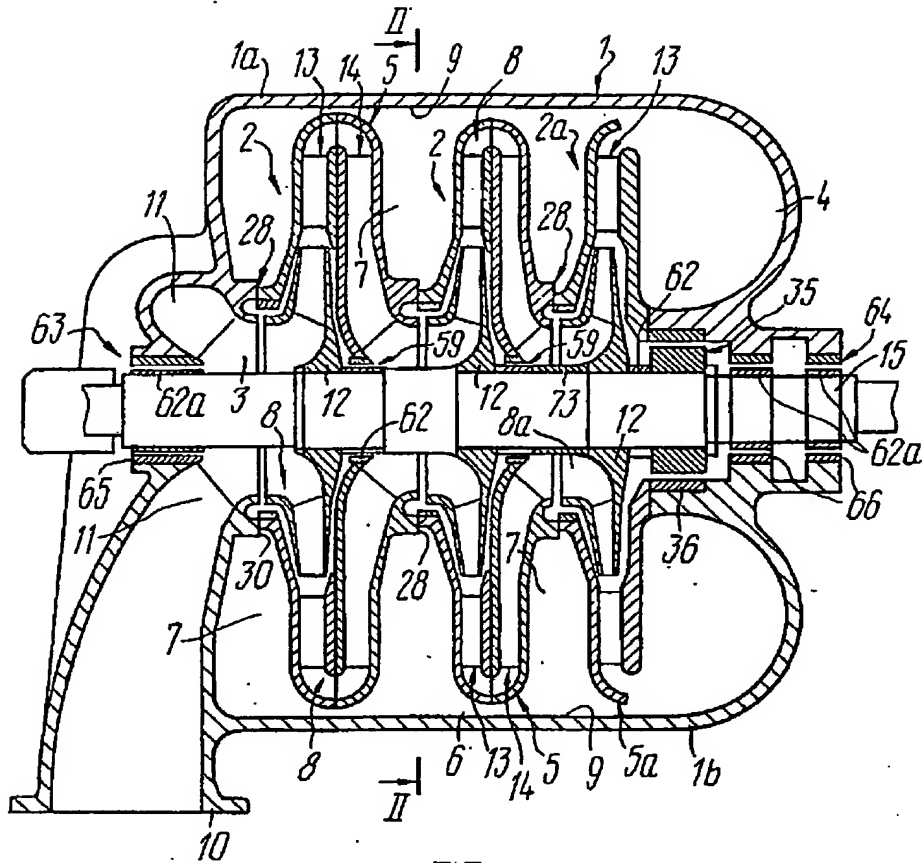


FIG. 1

008 018/368

S00010: &lt;DE 3835341A1\_L&gt;

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:

DE 38 35 341 A1

Int. Cl.<sup>5</sup>:

F 04 D 29/58

Offenlegungstag:

19. April 1990

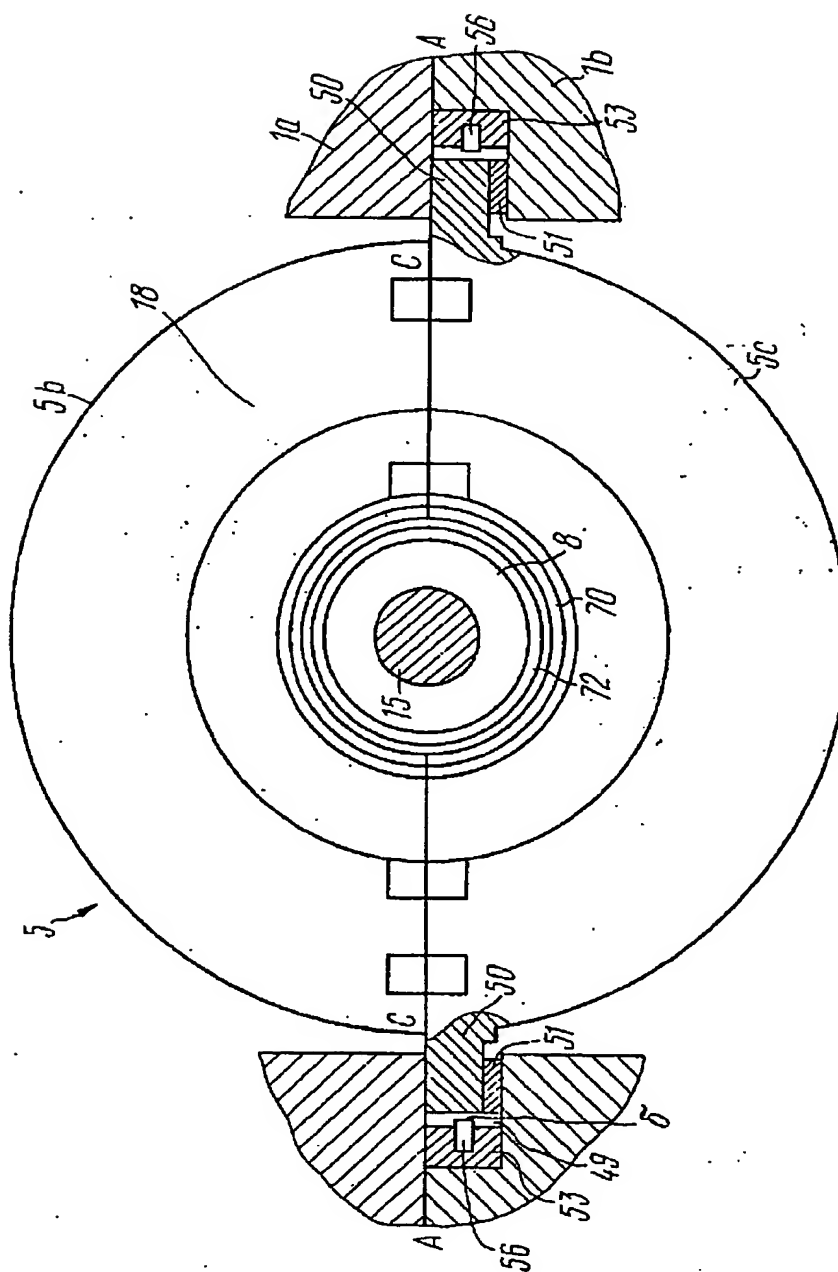


FIG. 2

008 016/366

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:

DE 38 35 341 A1

Int. Cl.<sup>5</sup>:

F 04 D 29/58

Offenlegungstag:

19. April 1990

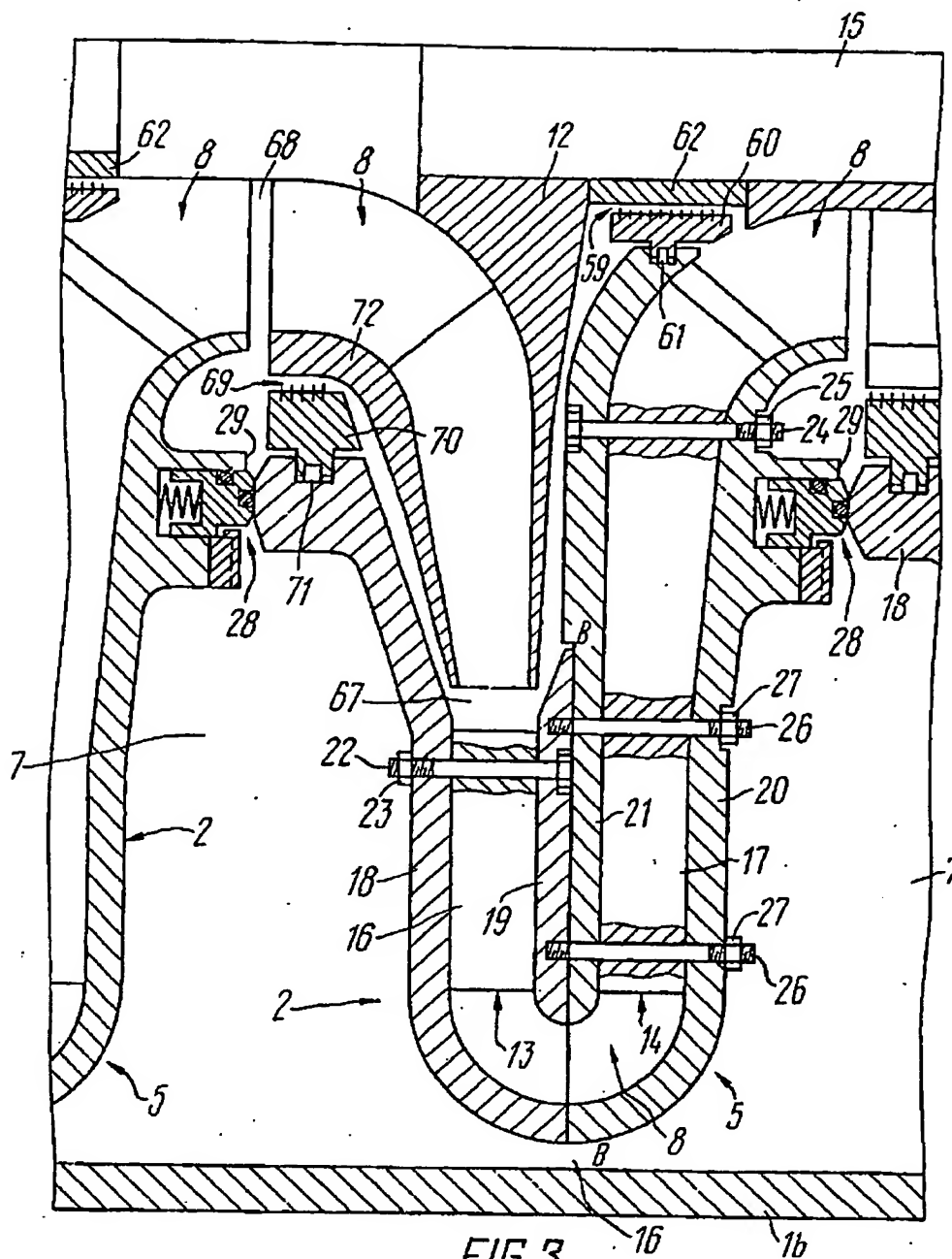


FIG. 3

008 018/356

SDOCID: &lt;DE 3835341A1\_1&gt;



ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:

DE 38 35 341 A1

Int. Cl.:

F 04 D 29/58

Offenlegungstag:

19. April 1990

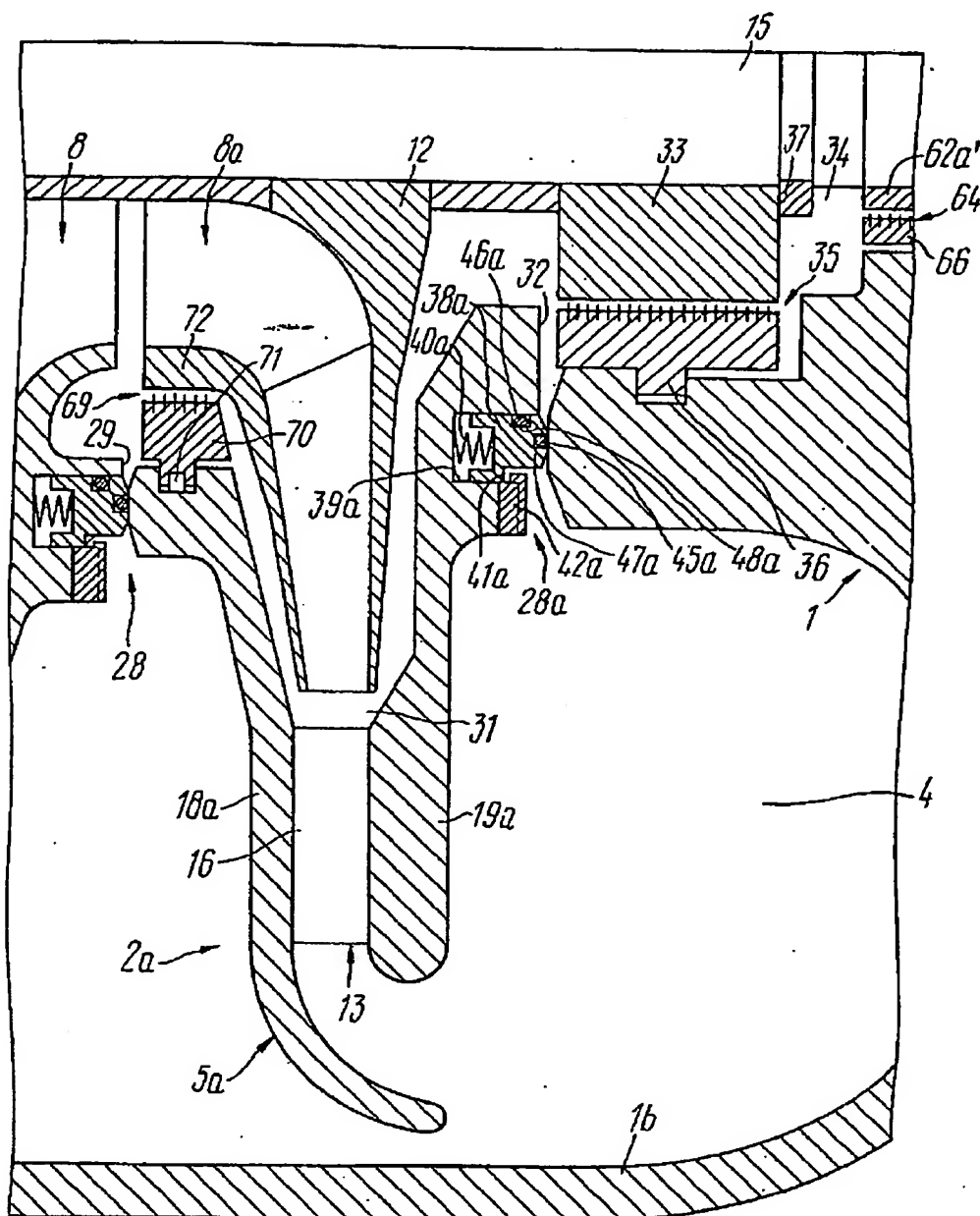


FIG. 4

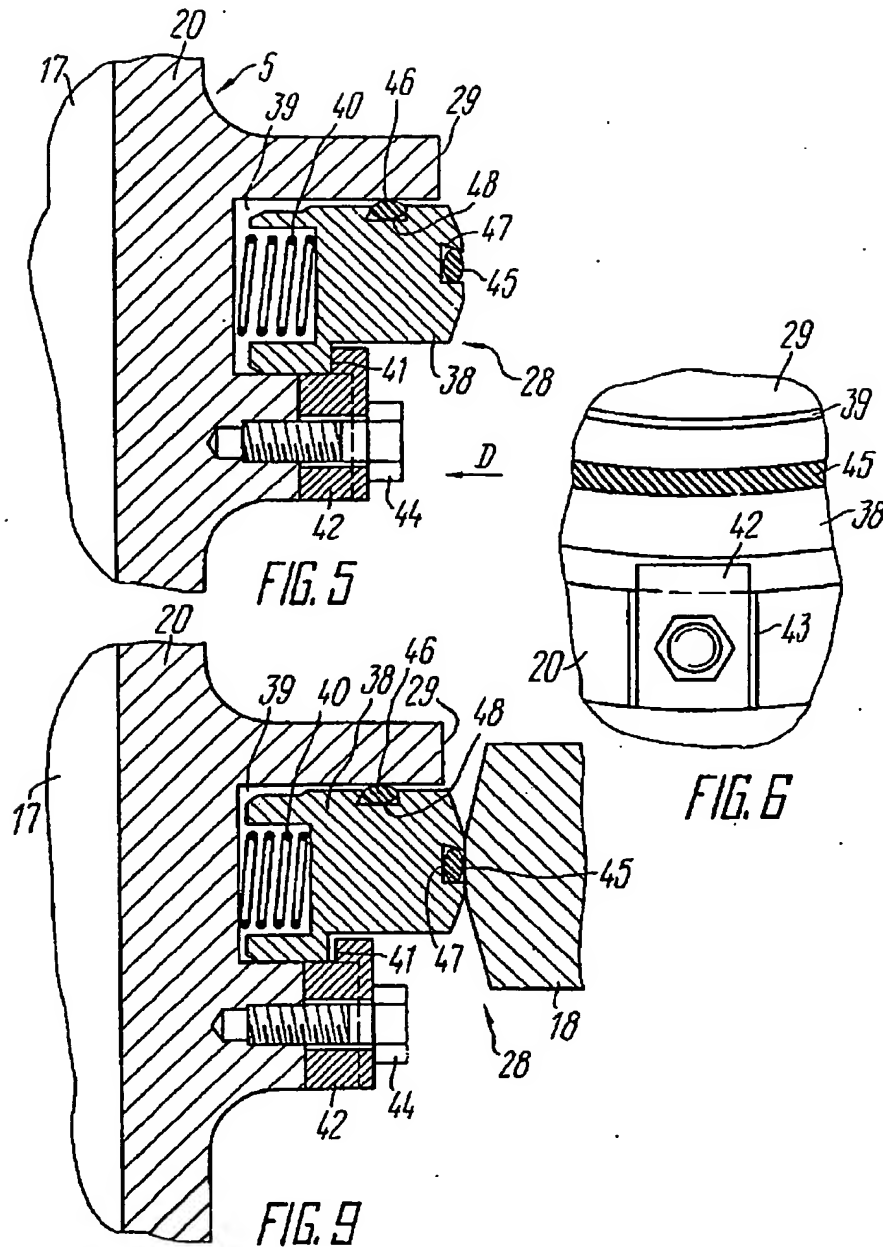
008 018/366

BNSOCCD: &lt;DE 3835341A1.J&gt;

ZEICHNUNGEN SEITE 5

Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 38 35 341 A1  
F 04 D 29/56  
19. April 1990



008 018/366

ISDOCID: &lt;DE 3835341A1\_L&gt;

ZEICHNUNGEN SEITE 6

Nummer:

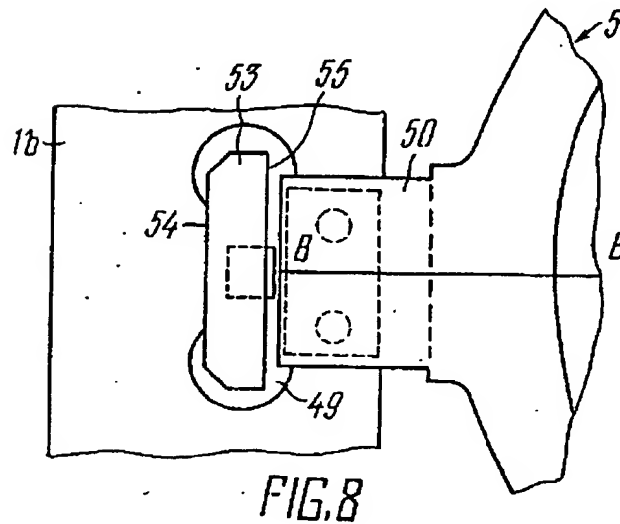
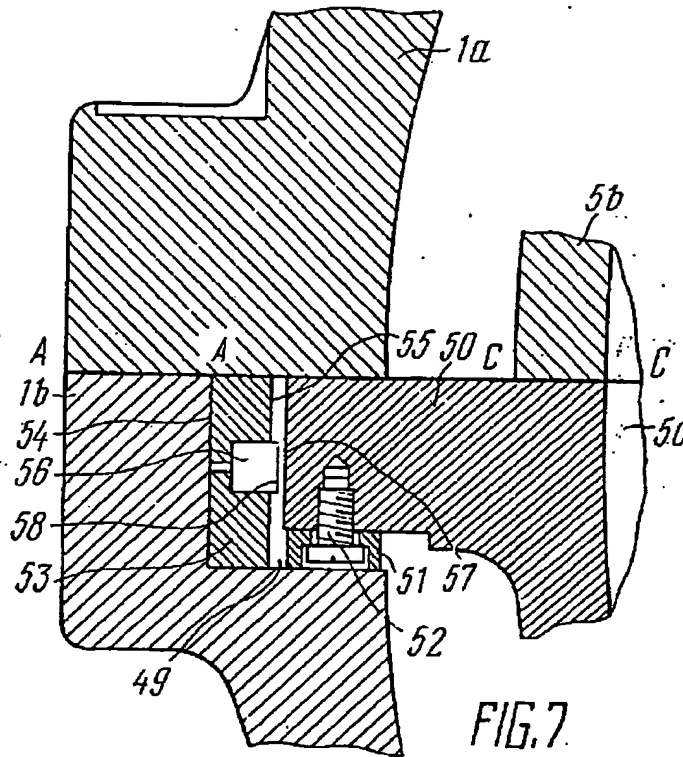
DE 38 35 341 A1

Int. Cl. 5:

F 04 D 29/58

Offenlegungstag:

19. April 1990



008 016/366

ZEICHNUNGEN SEITE 7

Nummer:

DE 38 35 341 A1

Int. Cl. 5:

F 04 D 29/58

Offenlegungstag:

19. April 1990

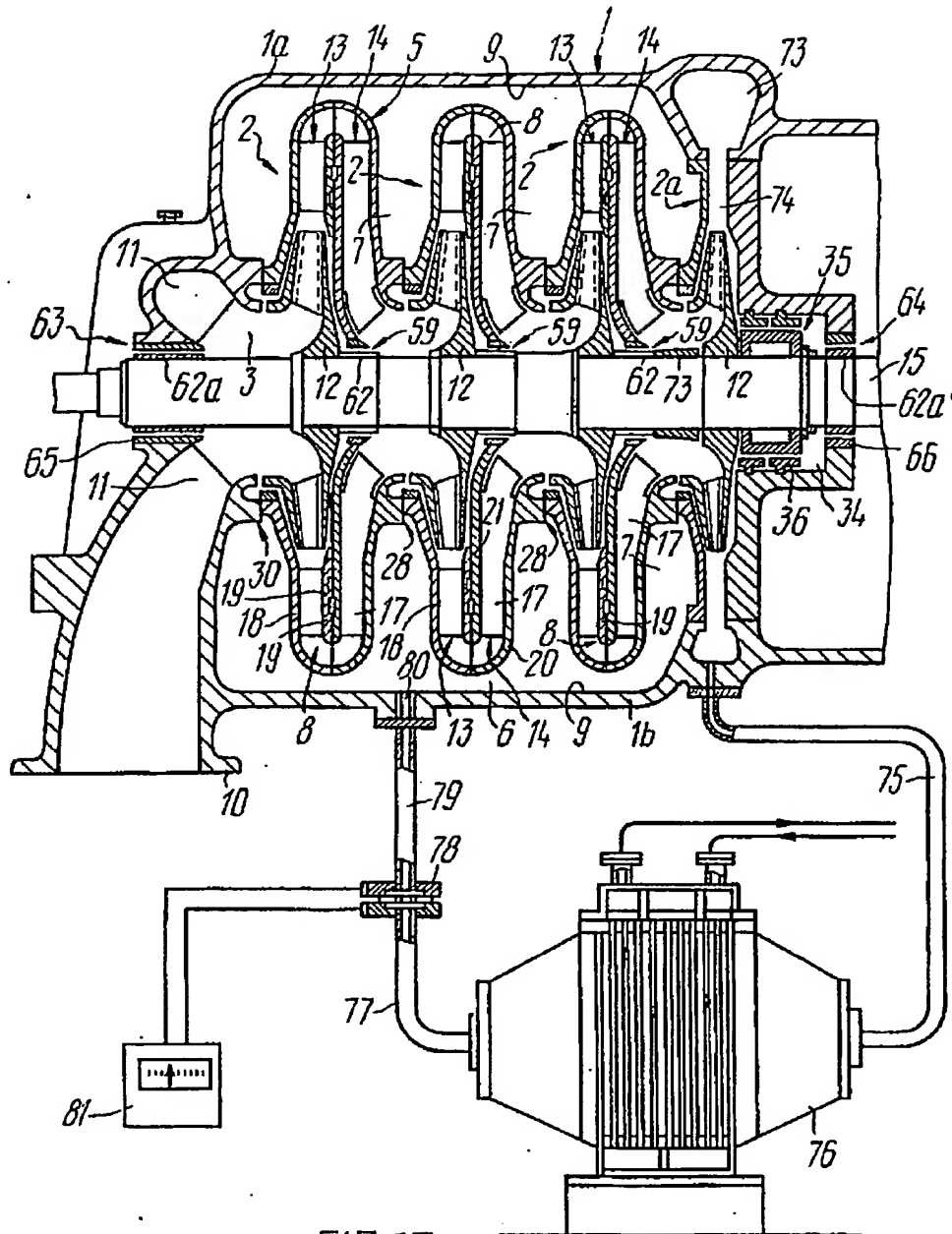


FIG. 10

008 016/388

ISDOCID: &lt;0E 3835341A1\_1&gt;

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**